



Prof. Dr. Göran Kauermann
+49 (0)89 2180-6253
goeran.kauermann@lmu.de
Institut für Statistik
Ludwigstr. 33
80539 München

Prof. Dr. Helmut Küchenhoff
+49 (0)89 2180-2789
kuechenhoff@stat.uni-muenchen.de
Institut für Statistik
Akademiestr. 1/IV
80799 München

Dr. Ursula Berger
+49 (0)89 440077486
ursula.berger@lmu.de
IBE
Marchioninistr. 15
81377 München

CODAG Bericht Nr. 18
02.07.2021

1. **Informationen zur Pandemiesteuerung: Welche Daten benötigen wir?**

   Helmut Küchenhoff, Gerd Antes, Ursula Berger, Annika Hoyer, Ralph Brinks, Göran Kauermann

2. **Die Delta Variante: Analysen zu Daten aus Großbritannien und Deutschland**

   Maximilian Weigert, Diellë Syliqi,Yeganeh Khazaei, Helmut Küchenhoff

3. **Vergleich der Sterberaten verschiedener europäischer Länder**

   Antonia Bartz, Ursula Berger, Giacomo De Nicola, Göran Kauermann

4. **Hochschulen: Simulationen zur Öffnung**

   Marc Schneble, Ralph Brinks, Göran Kauermann

Vorherige CODAG Berichte und weitere Forschungsarbeiten sind auf der CODAG Homepage zu finden

https://www.covid19.statistik.uni-muenchen.de/index.html

1. Daten und Informationen zur Pandemiesteuerung

Helmut Küchenhoff, Gerd Antes, Ursula Berger, Annika Hoyer, Ralph Brinks und Göran Kauermann

Informationen und Daten sind eine wichtige Grundlage zur Einschätzung und Steuerung einer Pandemie. In unseren früheren Berichten haben wir an verschiedenen Stellen auf Probleme mit den vorhandenen Daten und deren Verwendung zur Pandemie-Steuerung hingewiesen. Hier ist zunächst die Meldeinzidenz zu nennen, die eine zentrale Grundlage von Entscheidungsprozessen in der Pandemie war. In den CODAG-Berichten Nummer 11[1] und Nummer 13[2] haben wir ausführlich gezeigt, dass die Meldeinzidenz als Maßzahl und einziges Steuerungsinstrument ungeeignet ist. Wir wollen die Diskussion an dieser Stelle konstruktiv fortsetzen und aufzeigen, welche Daten – und in welcher Qualität – aus Sicht der Epidemiologie und der Statistik notwendig sind, um eine effiziente Pandemiekontrolle sowohl im kommenden Herbst, aber auch in zukünftigen Jahren und Pandemien durchführen zu können.

Eine zentrale Anlaufstelle für Daten und Informationen zur Pandemie in Deutschland ist das Robert Koch-Institut (RKI) mit ausführlichen täglichen Berichten und mit dem viel beachteten Dashboard. Weiter gibt es die Möglichkeit, Datensätze von den Webseiten[3] des RKI direkt herunterzuladen. Darüber hinaus stellt das RKI gemeinsam mit der Deutschen Interdisziplinären Vereinigung für Notfall- und Intensivmedizin (DIVI) täglich Daten zur Belegung von Betten mit COVID-19 Patienten auf Intensivstationen zur Verfügung[4]. Die Bereitstellung dieser Daten ist wesentlich und diese Daten waren für zahlreiche unserer statistischen Analysen eine wichtige Grundlage. Für Bayern wurden uns vom Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit weitere Daten zur Verfügung gestellt.[5]
Trotz der aufgelisteten Daten und Informationen fehlen aus unserer Sicht wesentliche Informationen, die zu einem besseren Pandemie-Management führen würden. Im Folgenden machen wir konkrete Vorschläge zur Verbesserung. Wir orientieren uns hierbei an dem Vorgehen in Großbritannien. Hier wurden von der Royal Statistical Society Forderungen für einen Umgang mit Daten in der Pandemie aus Sicht der Statistik aufgestellt[6]. Auch die Deutsche Arbeitsgemeinschaft für Statistik (DAGStat) hat sich in einem Papier[7] ausführlich mit der Rolle der Statistik beschäftigt. Wir wollen hier einige zentrale Punkte zur Verbesserung der Daten- und Erkenntnislage zusammenstellen.

---

[1] siehe https://www.covid19.statistik.uni-muenchen.de/pdfs/codag_bericht_11.pdf
[2] siehe https://www.covid19.statistik.uni-muenchen.de/pdfs/codag_bericht_13.pdf
[3] www.rki.de
[4] www.divi.de / https://www.intensivregister.de
[5] www.lgl.bayern.de/gesundheit/infektionsschutz/infektionskrankheiten_a_z/coronavirus/karte_coronavirus
[6] https://rss.org.uk/RSS/media/File-library/Policy/2021/RSS-Stats-Data-and-Covid-FINAL-embargoed-09-03-21.pdf
[7] https://www.dagstat.de/fileadmin/dagstat/documents/DAGStat_Covid_Stellungnahme.pdf

A. Regelmäßige repräsentative Stichprobe zum aktuellen Infektionsgeschehen nach Vorbild aus Großbritannien

Um den Verlauf der Pandemie besser zu verstehen, sind Erhebungen auf der Basis von Zufallsstichproben von zentraler Bedeutung. Verschiedene Analysen haben gezeigt, dass die Anzahl der gemeldeten Fälle durch die Problematik der Dunkelziffer, also die Zahl der nicht entdeckten Infektionen, stark in ihrer Aussagekraft beeinträchtigt sind. Repräsentative Studien z.B. in München[8] und in Tirschenreuth[9] haben gezeigt, dass die Dunkelziffer erheblich ist und auch über die Zeit und in unterschiedlichen Altersgruppen variiert. Neben der Erhebung des aktuellen Infektionsstatus mit Hilfe eines PCR-Tests könnten auch Tests auf Antikörper durchgeführt werden. Zusätzlich sollten neben Alter (in Jahren), Geschlecht und Wohnort auch Fragen zur aktuellen (Berufs-)Tätigkeit gestellt werden. Aktuelle Auswertungen sollten zeitnah zur Verfügung gestellt werden (siehe dazu die Berichte aus Großbritannien[10]). In den Studien in München und Tirschenreuth war die Bereitschaft zur Beteiligung im Vergleich zu anderen Studien sehr hoch. In Deutschland gibt es bereits große repräsentative Kohorten, siehe z.B. die NAKO-Gesundheitsstudie[11] und das Sozio-oekonomische Panel[12]. Diese Kohorten sollten zielgerichtet und unter Einbeziehung der für einzelne Fragestellungen verantwortliche Institutionen systematisch genutzt werden,
Nach dem Vorbild der REACT Studie[13] in Großbritannien sollte daher eine repräsentative Stichprobe im monatlichen Rhythmus gezogen werden. Anders als in den oben angesprochenen deutschen Studien, die mit erheblichem Aufwand eher auf lokaler Ebene durchgeführt wurden, zielt die britische Studie auf die gesamte Bevölkerung ab. Jeden Monat werden dazu 150.000 Personen per Stichprobe gezogen und um Mitwirkung gebeten. Den teilnehmenden Bürgerinnen und Bürgern wird ein Nasen- und Rachenabstrich-Set zugeschickt, das nach Benutzung an Labore zur weiteren Analyse gesandt wird. Die Ergebnisse stehen zeitnah bereits nach wenigen Tagen fest und lassen den aktuellen Infektionsstatus in der Bevölkerung abschätzen. Anders als die Meldeinzidenzen ("7-Tage Inzidenzen"), die stark vom Testgeschehen in der Bevölkerung abhängen, sind die Daten einer repräsentative Stichprobe deutlich weniger von der Dunkelziffer beeinträchtigt. Die statistische Ungenauigkeit kann mit bekannten Verfahren der Stichprobentheorie gut quantifiziert werden. Der erhebliche Aufwand für solch eine repräsentative und regelmäßige Stichprobe ist aus unserer Sicht angesichts der hohen Kosten einer Pandemie auf jeden Fall

---

[8] Radon et al. From first to second wave: follow-up of the prospective Covid-19 cohort (KoCo19) in Munich (Germany). https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2021.04.27.21256133v1.

[9] Wagner et al. (2021) Estimates and determinants of SARS-CoV-2 seroprevalence and infection fatality ratio using latent class analysis: the population-based Tirschenreuth study in the hardest-hit German county in spring 2020. *Viruses*, *13*(6), 1118; https://doi.org/10.3390/v13061118

[10] COVID-19 Infection Survey https://www.ons.gov.uk/peoplepopulationandcommunity/healthandsocialcare/conditionsanddiseases/bulletins/coronaviruscovid19infectionsurveypilot/25june2021

[11] https://nako.de/

[12] https://www.diw.de/de/diw_01.c.678568.de/forschungsdatenzentrum_soep.html

[13] siehe https://www.imperial.ac.uk/medicine/research-and-impact/groups/react-study/

zu rechtfertigen. Zu weiteren Vorschlägen zu Stichprobenerhebungen, siehe Schnell und Smid (2020)[14].

B. Systematische Erhebung zur Hospitalisierung

Die negativen gesundheitlichen Auswirkungen einer Pandemie lassen sich am besten durch Morbidität und Mortalität charakterisieren. Das bedeutet, dass neben den Sterbezahlen die Anzahl der Personen, die im Krankenhaus behandelt werden müssen, von zentraler Bedeutung sind. Weiter ist die Abwendung einer Überlastung des Gesundheitssystems ein wichtiges Ziel im Umgang mit einer Pandemie. Daher haben wir uns in früheren Berichten immer wieder für die Verwendung Daten der Neuaufnahmen in Krankenhäuser bzw. Intensivstationen ausgesprochen. Aktuell verwenden wir Daten, die von der Deutschen interdisziplinären Vereinigung für Notfallmedizin (DIVI) und dem RKI zur Verfügung gestellt werden. Diese Daten haben keinen klaren regionalen Bezug und darüber hinaus sind Doppelzählungen durch Verlegungen ein nicht unerhebliches Problem.

Notwendig wäre hier eine systematische Erfassung hospitalisierter Patient*innen, für welche a) Aufnahme- und Entlassdatum dokumentiert werden, b) der Aufnahmegrund spezifiziert wird (asymptomatische versus symptomatische Sars-CoV-2 Infektion), und c) primär die intensivmedizinische Neuaufnahme direkt namentlich erfasst und im Rahmen von §6 IfSG unverzüglich dem Gesundheitsamt gemeldet wird. Auf diesem Weg können Mehrfachzählungen ausgeschlossen werden. Zudem bietet dieses Verfahren den Vorteil, die Werte eindeutig auf den Herkunftsort des Patienten, auf Labormeldungen und auf dessen individuelle Risikofaktoren beziehen zu können. Die aktuellen Meldungen der DIVI und des RKI sind wegen der Problematik der Verlegungen insbesondere bei Intensiv-Patient*innen teilweise unzuverlässig. Überlegungen zur möglichen konkreten Nutzung und weiteren Details siehe CODAG-Bericht Nr. 13[15].

C. Verbesserungen bei der Datenqualität zur Inzidenzmessung und Todeszahlen beim RKI

Wie oben schon angesprochen ist die Datenbereitstellung durch das RKI sehr zu loben. Aus unserer Sicht fehlen allerdings entscheidende Angaben. Hier ist zunächst das Todesdatum von tödlichen Verläufen der Krankheit zu nennen. Da Todesfälle durch COVID-19 weitaus weniger von einer zeitlich und regional variierenden Dunkelziffer betroffen sind als reine Inzidenzen und die Pandemielast abbilden, sind sie für die Beschreibung des Pandemieverlaufs besonders wichtig. Das RKI veröffentlicht Sterbedaten erst seit dem Frühjahr 2021, also erst ein Jahr nach Beginn der Pandemie und nach der 2. Welle mit vielen Todesfällen. Allerdings lassen sich nun mit diesen Daten retrospektive Analysen durchführen, wie beispielsweise in Abschnitt 3 in diesem Bericht.

Sowohl die Meldeinzidenzen wie auch die Todesfälle sollten nach Altersgruppen differenziert betrachtet werden, wie wir bereits in unseren Berichten diskutiert haben. Eine feinere

[14] Schnell, R., & Smid, M. (2020). Methodological Problems and Solutions in Sampling for Epidemiological COVID-19 Research. *Survey Research Methods*, *14*(2), 123-129. https://doi.org/10.18148/srm/2020.v14i2.7749
[15] siehe https://www.covid19.statistik.uni-muenchen.de/pdfs/codag_bericht_13.pdf

Altersgruppeneinteilung als die derzeit verfügbaren wäre essentiell, um Analysen besser an die entsprechende Fragestellung anzupassen und so besser Rückschlüsse etwa für sinnvolle Maßnahmen zu erlauben. Problematisch sind vor allem Alterskategorien, die Personen mit grundverschiedenen Lebensphasen zusammenfassen, wie Schüler, Studierende, Erwerbstätige und junge Familien (Altersgruppe 15-34J).

Wesentlich wäre aus unserer Sicht auch, dass für durchgeführte PCR-Tests Angaben zum Hintergrund des Tests erhoben werden. Es macht einen wichtigen Unterschied, ob der Test aufgrund von gegebener Symptomatik, aufgrund eines positiven vorherigen Schnell- bzw. Selbsttests durchgeführt worden ist, nach der Rückkehr von einer Auslandsreise oder einfach nur als so genannter Jedermanntest, die in Bayern kostenfrei zur Verfügung standen. Diese Angaben würden es erlauben, das tatsächliche Infektionsgeschehen aus den Meldedaten genauer abzuschätzen und für zeitliche oder regionale Unterschiede in der Teststrategie besser zu korrigieren. Diese Angabe ist auch entscheidend, um zum Beispiel den Effekt von Schnelltest-Kampagnen in Bezug auf das gesamte Infektionsgeschehen zu bewerten.

Aktuell zeigt sich auch, dass anders als in anderen Ländern, eine umfängliche Analyse zur Kategorisierung der Varianten (Mutationen) fehlt. Eine exakte Zuordnung von Tests zu einzelnen Varianten könnte eine genaue und aktuelle räumliche Ausbreitung darstellen.

D. Wissenschaftliche Begleitung von Interventionen und Studien zur Wirkung von Maßnahmen

Wenn wir es mit einem neuen Erreger oder dessen Mutation und den daraus resultierenden Erkrankungen zu tun haben, ist ein Gebot der Wissenschaftlichkeit, so schnell wie möglich so viel wie möglich darüber zu lernen. Je eher wir erfahren, über welche Wege und Mechanismen sich der Erreger am wahrscheinlichsten ausbreitet und in welchen Zeiträumen sowie Phasen Betroffene ansteckend sind, desto schneller und zielgerichteter können wir handeln, um die Ausbreitung zu verlangsamen. Die getroffenen Maßnahmen sollten einer sorgfältigen Kosten-Nutzen-Analyse, inklusive der Eintrittswahrscheinlichkeiten, unterzogen werden und diese transparent kommuniziert werden. Eine Maßnahme mit einer geringen Wahrscheinlichkeit, dass sich der avisierte Nutzen einstellt, ist sorgfältig gegen einen Schaden abzuwägen, der sich mit hoher Wahrscheinlichkeit einstellt. Instrumente für eine sachliche Gegenüberstellung findet man in der Disziplin der Gesundheitsökonomie und angrenzenden Wissenschaftsgebieten. Das methodische Instrumentarium ist disziplinübergreifend seit etlichen Jahren im Rahmen der Technikfolgenabschätzung entwickelt worden. Speziell für den Bereich der Interventionen im Gesundheitswesen steht dafür unter dem Obertitel Health Technology Assessment (HTA) ein breit aufgestelltes Portfolio an Methoden zur Verfügung. Dazu gehören die Verfahren zur Evaluation komplexer Interventionen, die eine Abwägung der drei Dimensionen Nutzen - Schaden/Risiko - Kosten erlauben.

Eine wesentliche Forderung ist überdies, dass neu eingeführte Maßnahmen wissenschaftlich begleitet und hinsichtlich ihres Nutzen und ihrer Wirksamkeit sowie ihrer Kosten und Risiken evaluiert werden. Dies geschah zum Beispiel in Österreich bei

Wiederaufnahme des Präsenzunterrichts an Schulen mit Selbsttests[16]. Nur so ist es möglich, evidenzbasierte Entscheidungen abzuleiten.

Durch den Mangel an Surveillance-Instrumenten in hoch-frequentierten und relevanten Bereichen des Alltags, wie etwa Schulen und Arbeitsstätten, wurde die frühe und zielgerichtete Reaktion auf den neuen Erreger verzögert. Diese Daten sollten um die lokalen Daten der Sozialfürsorge, z.B. Alten- und Pflegeheime, ergänzt werden. Die Sozialfürsorge wird in Deutschland von einer Vielzahl von Organisationen betrieben, so dass Datenschutzkonzepte entwickelt und umgesetzt werden müssen, um die Daten einer Verwertung im Rahmen der Pandemiebekämpfung nutzbar zu machen. Die im Rahmen eines wirksamen Surveillance-Programms gesammelten Daten sollten einem statistischen Analysewerkzeug zugeführt werden, dessen Ergebnisse eine Schlüsselrolle bei der Entscheidung für die Regierung und zur Information der Bevölkerung spielen sollte.

Darüber hinaus ist es auch sinnvoll, für spezielle Maßnahmen (insbesondere für Lockerungen von Maßnahmen) gezielt Studien wissenschaftlich zu planen und durchzuführen, um daraus evidenzbasierte Handlungsempfehlungen abzuleiten. Dies geschah etwa im Rahmen des Forschungsprojekts RESTART-19[17], in dem das von Hallenveranstaltungen ausgehende COVID-19-Infektionsrisiko unter unterschiedlichen Bedingungen untersucht wurde.

Oftmals ist es nicht möglich, gezielt Studien zur Abschätzung der Effekte von Maßnahmen durchzuführen. Etwa ist eine kontrollierte Studie, bei der neben einer Gruppe, die bestimmten Maßnahmen oder Interventionen unterliegt (Interventionsgruppe), eine passende Kontrollgruppe gebildet wird, bei bevölkerungsbezogenen Maßnahmen selten durchführbar. Manchmal können aber natürlich entstandene Situationen genutzt werden, sogenannte “natürliche Experimente”, die einer Studiensituation nahe kommen und mit gut durchdachten statistischen Analysemethoden ähnlich valide Ergebnisse wie unter kontrollierten Studienbedingungen erlangt werden. Ein solches natürliches Experiment haben wir in CODAG-Bericht Nr. 14[18] genutzt, um die Wirkung von verpflichtenden Schnelltests an Schulen auf die Meldeinzidenzen und die Dunkelziffer zu untersuchen. Ein weiteres natürliches Experiment, das unter wissenschaftlicher Begleitung wertvolle Einsichten hätte liefern können, war der großflächige Ausfall der Fernwärme-Heizung in einem Stadtteil der thüringischen Stadt Jena im Februar 2021, wo unter klirrender Kälte notgedrungen die Kontaktbeschränkungen aufgehoben wurden.

E. Erschließung und Analyse von Routinedaten und institutionsübergreifende Vernetzung von Datenpools

Die in den obigen Abschnitten vorgeschlagenen Verbesserungen setzen sich strukturell zusammen aus der Datengenerierung durch speziell angelegte und durchgeführte Studien einerseits und der systematischen Verarbeitung von Meldedaten und anderen in Prävention, Diagnose und Behandlung erzeugten Daten. Letztere werden als Routinedaten bezeichnet und bieten für die öffentliche Gesundheit (Public Health) wie auch für die

[16] https://www.bmbwf.gv.at/Themen/Forschung/Aktuelles/BeAntiGenT.html
[17] https://restart19.de/
[18] https://www.covid19.statistik.uni-muenchen.de/pdfs/codag_bericht_14.pdf

Gesundheitsversorgung ein Wissen, dessen Nutzung bei weitem nicht ausgeschöpft ist und deswegen ein enormes Verbesserungspotential hat. Die Erkenntnisse daraus sind nicht nur für den Gesundheitsbereich wichtig, sondern auch unverzichtbar für die Politikberatung bei Entscheidungen zur Eindämmung der Pandemie.

Neben den naheliegenden Vorschlägen wie die vollständige Erfassung der Hospitalisierungsdaten von Covid-Patienten sind andere Quellen noch weitgehend ungenutzt. Einmal sind hier die Abrechnungsdaten der Krankenversicherungen, die in die Analyse des Pandemiegeschehens einbezogen werden sollten. Hier muss vor allem die Entwicklung von geeigneten Datenschutzkonzepten eine hohe Priorität haben, da für manche Fragestellungen sensible Fragen der Anonymisierung berührt werden.

Ein weiterer sehr relevanter Datenpool ist die Erfassung von Krankenstand durch Covid und der SARS-CoV-2 - Infektionen im Arbeitsbereich. Dies ist ein extrem sensibler Bereich, in dem Arbeitgeber und der Einblick in die persönlichen Gesundheitsdaten strikt getrennt sind durch gesetzliche und praktische Vorgaben. Auch hier sollte jedoch eine Analyse dieser Strukturen erfolgen, um u. a. Erkenntnisse zum Infektionsgeschehen zu gewinnen. Für die als Hypothesen seit längerem kursierenden Vermutungen “Infektion am Arbeitsplatz und Weitergabe im privaten Bereich” könnten hier bzgl. der oben diskutierten Risikofaktoren in hohem Maße relevante Daten geliefert werden. Hinzu kämen Erkenntnisse bzgl. des Sozialstatus von Arbeitnehmern und den damit verbundenen Lebensbedingungen, die wiederum großen Einfluss auf das Infektionsgeschehen haben. An dieser Stelle sei noch einmal ausdrücklich betont, dass dies kein Appell zum Abbau von Datenschutz ist, sondern eine genaue Analyse fordert, was unter den Bestimmungen möglich ist.

Noch weiter geht ein Vorschlag des wissenschaftlichen Instituts der AOK (WIdO), das in der Publikation “Kassendaten bringen Klarheit - Zahlenbasis zur Bewältigung der Corona-Pandemie” nicht nur die systematische Nutzung der Kassendaten vorschlägt, sondern darüber hinaus die zielgerichtete Verknüpfung von Datenpools beim Paul-Ehrlich-Institut (PEI) und dem RKI vorschlägt. Diese Anregungen sollten intensiv verfolgt werden, um damit z. B. das Impfgeschen mit Covid-Behandlungen verbinden und analysieren zu können.

Ein noch weitergehender Vorschlag wäre ein gemeinsamer Blick auf Krankenkassendaten und die Daten der Rentenversicherung. Hier stoßen Gesundheitsversorgung und Reha-Bereich zusammen, mit einer gegenwärtig kaum abschätzbaren Relevanz für chronische Langzeitschäden (Long-Covid oder Post-Covid), Arbeitsunfähigkeit oder Frühverrentung.

Ziel dieser in die Zukunft weisenden Überlegungen sind die bessere Daten- und Wissensgrundlage, die unbedingt nötig ist für die Bewältigung dieser Pandemie und für die bessere Vorbereitung auf die mögliche nächste. Aus wissenschaftlicher und speziell statistischer Sicht ist die Quantifizierung der Beschreibungen und Bewertungen von höchster Priorität. Aussagen wie “. . . zunehmende Anzahl schwerer Verläufe . . . “ sollten so schnell wie möglich präzisiert werden durch quantitative Angaben zur Prävalenz, zu Änderungen und durch Einordnung durch Vergleiche mit ähnlichen Krankheiten. Genau dafür sind die in diesem Abschnitt diskutierten Datenstrukturen von größtem Nutzen.

F. Einsetzen von interdisziplinären wissenschaftlichen Gremien zur transparenten Politikberatung

Bei der wissenschaftlichen Beratung der Bundesregierung waren die Strukturen während der Pandemie häufig unklar. Viele öffentliche Äußerungen von Wissenschaftler*innen aus zum Teil fachfremden Disziplinen, die nicht selten sehr kontrovers waren, ergaben kein klares Bild. Es gab eine erhebliche Unsicherheit bezüglich Prognosen, Wirkungen von Maßnahmen und den Auswirkungen der Pandemie. Weiter wurden Diskussionen teilweise auch in der Wissenschaft in fast ideologischer Weise geführt.

Daher wäre aus unserer Sicht sinnvoll, ein interdisziplinäres Beratergremium für die Regierung bzw. Beratergremien für die Landeregierungnen zu berufen. Dieses sollte interdisziplinär besetzt sein und hierbei sollte die Epidemiologie, Statistik und der Bereich Public Health prominent vertreten sein. Für spezifische Fragen sollten zudem Experten aus den jeweiligen Fachbereichen eingeschlossen werden, wie es zum Beispiel bei der Erarbeitung der Leitlinie “Maßnahmen zur Prävention und Kontrolle der SARS-CoV-2-Übertragung in Schulen”[19] geschah. Im Fall einer Pandemie wäre es aber sinnvoll, einen dauerhaftes Beratungsgremium unter Einbeziehung aller relevanten Fachdisziplinen einzuberufen. Ein solches Gremium gibt es z.B. in der Schweiz, die “Swiss National COVID-19 Science Task Force” [20]

[19] https://www.awmf.org/leitlinien/detail/ll/027-076.html
[20] https://sciencetaskforce.ch/

2. Die Delta-Variante: Analysen zu Daten aus Großbritannien und Deutschland

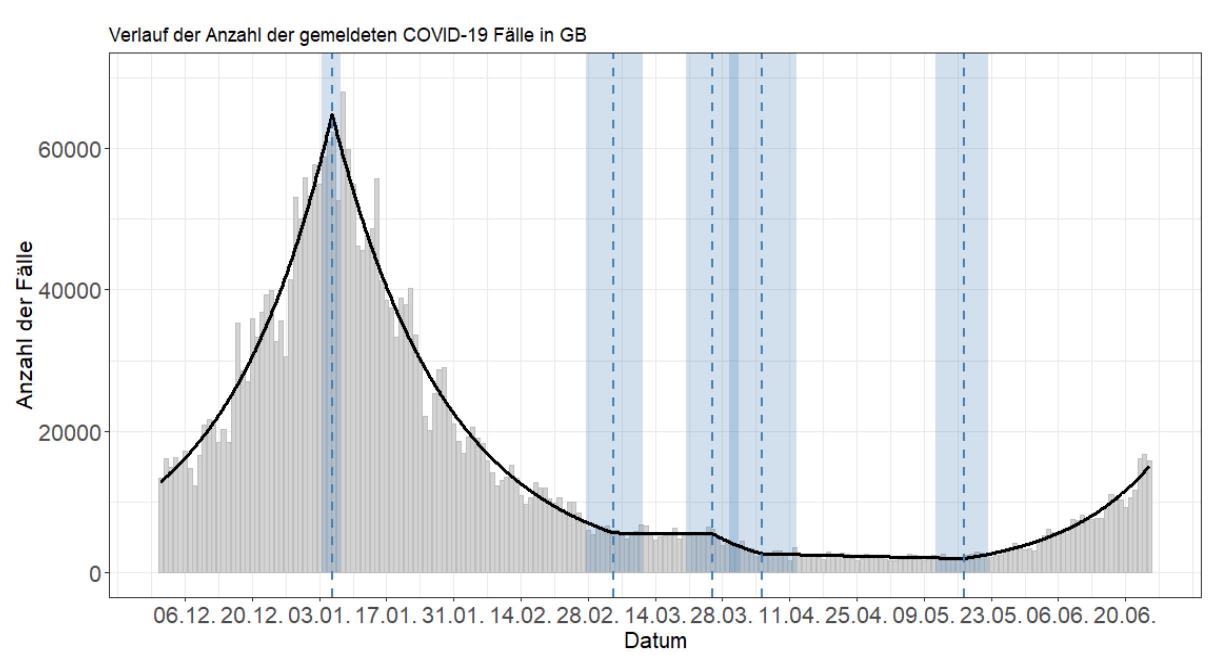
Maximilian Weigert, Diellë Syliqi, Yeganeh Khazaei, Helmut Küchenhoff

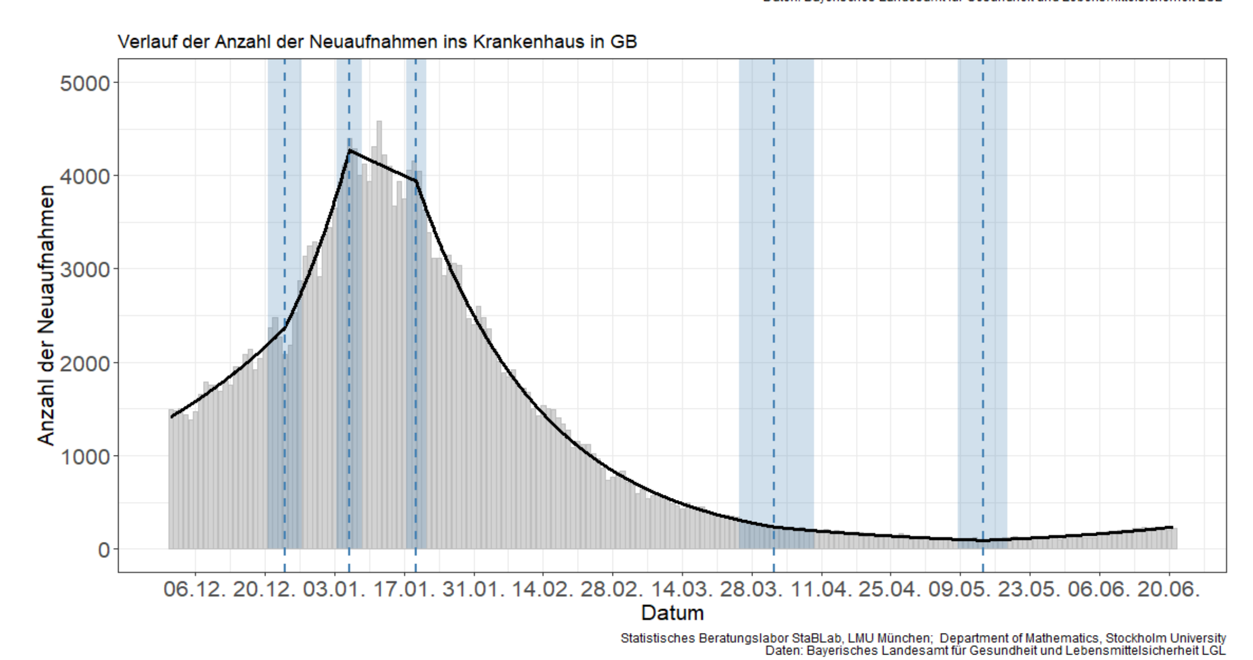
Das Pandemiegeschehen in Großbritannien ist durch die Ausbreitung der sogenannten Delta-Variante des Coronavirus, die ab sich ab Ende Mai zur vorherrschenden Variante entwickelte und heute einen Anteil von ca. 95% an allen sequenzierten Neuinfektionen umfasst[21], wieder verstärkt in den Fokus gerückt. Daher werfen wir zunächst einen Blick auf die dortige aktuelle Entwicklung. Von den zuständigen Behörden in Großbritannien werden Daten zu gemeldeten Fällen und zu Neuaufnahmen von COVID-19-Patienten in Krankenhäusern zur Verfügung gestellt[22]. In Abbildung 2.1 ist der Verlauf der täglichen Neuinfektionen und Neuaufnahmen seit Dezember 2020 dargestellt. Zur Identifikation von Veränderungen im Verlauf wurde jeweils eine Bruchpunktanalyse durchgeführt. Hierbei wird der Verlauf der Kurven datengesteuert in unterschiedliche Phasen gleichen Wachstums bzw. Rückgangs eingeteilt. Details zur Methodik finden sich in Küchenhoff et al. (2021)[23]. Bei beiden Kurven zeigt sich Mitte Mai eine Trendveränderung, allerdings gibt es einen erheblichen Unterschied in der Steigung der aktuellen Kurven nach dem jeweiligen letzten Bruchpunkt. Während bei den gemeldeten Fällen ein deutlicher Anstieg ersichtlich ist (geschätzter täglicher Steigungsfaktor 1.05), fällt der Anstieg bei den Krankenhausneuaufnahmen geringer aus (geschätzter täglicher Steigungsfaktor 1.02). Einen solchen strukturellen Unterschied gab es zum Ende des letzten Jahres nicht, als beide Kurven in ähnlicher Weise anstiegen.

---

[21] https://www.gov.uk/government/news/confirmed-cases-of-covid-19-variants-identified-in-uk
[22] https://coronavirus.data.gov.uk/
[23] Küchenhoff, H., Günther, F., Höhle, M. und Bender, A. *Analysis of the early COVID-19 epidemic curve in Germany by regression models with change points.* Epidemiology and Infection, 2021 Vol 149, e68. *DOI: https://doi.org/10.1017/S0950268821000558*

Abbildung 2.1: Bruchpunktanalyse der Verläufe der täglichen gemeldeten Fälle (oben) und der Krankenhausneuaufnahmen in Großbritannien (unten). Die blauen Linien markieren die Zeitpunkte der Trendveränderung mit den zugehörigen 95%-Konfidenzintervallen.

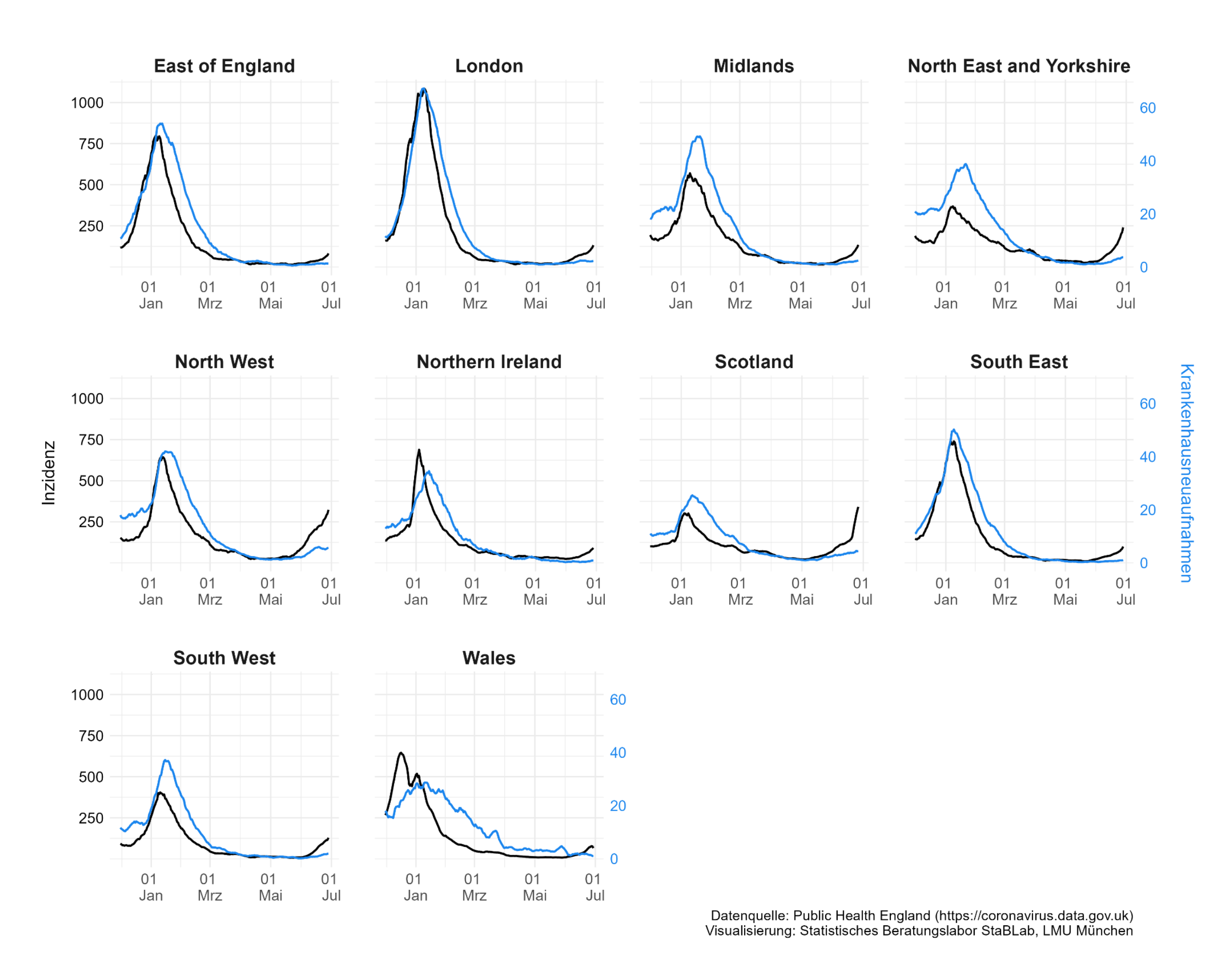




Der Befund der Bruchpunktanalysen wird auch durch eine regionale Betrachtung bestätigt. In Abbildung 2.2 werden die Verläufe der 7-Tage-Inzidenz und der wöchentlichen Neuaufnahmen in Krankenhäusern pro 100.000 Einwohner für die verschiedenen Regionen Großbritanniens gegenübergestellt. Die beiden Kurven weisen in den meisten Regionen weitgehend parallele und ggf. um wenige Tage zeitversetzte Verläufe während der zweiten Corona-Welle zu Beginn des Jahres auf. Nach einer weiteren Annäherung während des vorübergehenden Abflauens des Pandemiegeschehens fällt auf, dass sich in fast allen

Regionen beginnend ab ca. Mitte Mai bis Anfang Juni jeweils stärkere Abweichungen zwischen den Verläufen der beiden Kurven ergeben. Der Anstieg der Inzidenz geht seitdem mit einem deutlich geringer ausgeprägten Anstieg der Neuaufnahmen in Krankenhäusern einher. Besonders deutlich ist diese Tendenz in Schottland und North West England zu sehen, also genau in den beiden Regionen, die gegenwärtig die höchsten Inzidenzen aufweisen.

Abbildung 2.2: Vergleich des Verlaufs der 7-Tage-Inzidenz (schwarz) mit dem Verlauf der wöchentlichen Neuaufnahmen von COVID-19-Patienten in Krankenhäusern (blau) in den Regionen Großbritanniens. Dargestellt sind jeweils die Zahlen pro 100.000 Einwohner.



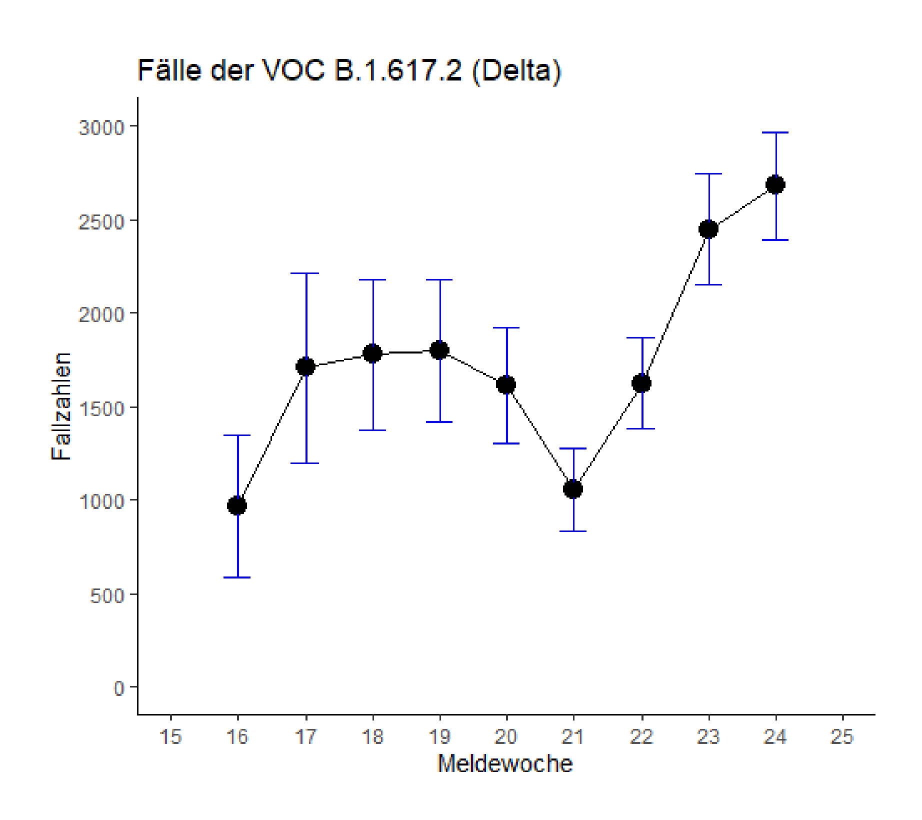
Die beobachtete Abkoppelung der Anzahl schwerer Erkrankungen von den Meldeinzidenz kann verschiedene Ursachen haben. Eine mögliche Erklärung stellt die weit fortgeschrittene Impfung v.a. in den Risikogruppen dar, durch die ein erheblicher Teil der Bevölkerung vor schweren Infektionsverläufen geschützt ist. Weiter bedeutet die Abkopplung nicht unbedingt, dass das Risiko für schwere Verläufe bei der Delta-Variante generell geringer ist. In einer ersten Publikation zur Verbreitung der Variante in Schottland[24] wurde nach Herausrechnen anderer Effekte (u.a. Alter und Geschlecht) ein um den Faktor 1.85 erhöhtes Risiko für einen schweren Verlauf (Krankenhausaufnahme) bei der Delta-Variante gefunden. Allerdings

24 https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(21)01358-1/fulltext?dgcid=raven_jbs_etoc_email

basiert die Analyse auf einem relativ kleinen Datensatz und es bedarf weiterer Studien, um diese Frage endgültig zu klären.

Zur Analyse des Verlaufs der Neuinfektionen mit der Delta-Variante in Deutschland stützen wir uns auf den aktuellen RKI-Bericht[25] zu den Virusvarianten. Da die Entwicklung der Anzahl der Neuinfektionen mit dieser Virusvariante die relevante Größe darstellt, schätzen wir diese als Produkt des geschätzten Anteils der Delta-Variante an den Neuinfektionen und der Gesamtzahl der gemeldeten Neuinfektionen der entsprechenden Meldewoche. Die zugehörigen 95%-Konfidenzintervalle ergeben sich aus der Unsicherheit der stichprobenbasierten Schätzung des RKI.

Abbildung 2.3: Verlauf der geschätzten Neuinfektionen mit der Delta-Variante in Deutschland mit 95%-Konfidenzintervallen.



Insgesamt ist aus den aktuellen Daten des RKI kein eindeutiges exponentielles Wachstum der geschätzten Infektionen mit der Delta-Variante in Deutschland erkennbar. Dennoch haben sich die geschätzten absoluten Zahlen der Fälle mit der Delta-Variante in den letzten Wochen erhöht. Wie die Analyse der Daten in Großbritannien zeigt, ist es von zentraler Bedeutung, neben der Inzidenz die Zahl der Neuaufnahmen in Krankenhäusern bzw. der Neueinweisungen auf Intensivstationen im Blick zu behalten. Bei letzteren zeigt sich aktuell in allen deutschen Bundesländern unverändert ein klarer rückläufiger Trend, siehe dazu die Berechnungen auf unserer Webseite[26].

---

[25] https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/DESH/Bericht_VOC_2021-06-30.pdf?__blob=publicationFile

[26] https://corona.stat.uni-muenchen.de/icu/

3. Vergleich der Sterberaten verschiedener europäischer Länder

Antonia Bartz, Ursula Berger, Giacomo De Nicola, Göran Kauermann

Die COVID-19 Pandemie hat die europäischen Länder verschieden stark getroffen. Gleichzeitig haben die europäischen Länder in den unterschiedlichen Phasen der Pandemie mit sehr unterschiedlichen Maßnahmen zur Pandemiekontrolle reagiert. Im Folgenden vergleichen wir die Auswirkung der Pandemie für sechs europäische Länder hinsichtlich der Sterblichkeit, nämlich für Deutschland, Schweden, Schweiz, Spanien, Italien und Frankreich. Wir betrachten dabei altersspezifische Sterberaten von Beginn 2020 bis Mitte 2021 und stellen diese der durchschnittlichen Sterblichkeit der Jahre 2016-2019 gegenüber. Wöchentliche Sterberaten sind gegenüber den rohen gemeldeten Fallzahlen, wie häufig diskutiert, deutlich robuster gegenüber Meldeverzögerungen und phasen- und länderspezifischen Teststrategien. Sie sind daher besser geeignet, die Pandemie-Last in unterschiedlichen Ländern über einen Zeitraum hinweg zu vergleichen.

In den folgenden Abbildungen sind für die sechs Länder der Verlauf der Sterberaten für die beiden am stärksten betroffenen Altersgruppen 80+ Jahre und 60-79 Jahre dargestellt. Die Daten stammen hauptsächlich von Eurostat und nationalen Statistik-Behörden[27]. Die Daten sind jeweils auf die altersspezifische Populationsgröße adjustiert. Wir setzen dabei die Altersadjustierung des Jahres 2020 auch für das Jahre 2021 fort, um eine bessere Vergleichbarkeit zu gewährleisten. Die orangenen Kurven stellen die Sterberaten im Jahr 2020 dar, diese werden im Jahr 2021 durch rote Kurven fortgesetzt. Die hellblauen bzw. blauen Kurven zeigen die Sterblichkeiten nach Abzug der COVID-19-assoziierten Todesfälle (mit bzw. an COVID-19 verstorben) in 2020 bzw. 2021[28]. Für Italien liegen die wöchentlichen COVID-19 Todesfälle in den betrachteten Alterskategorien nicht vor und so können in den Abbildungen die Sterberaten „ohne Covid-19" nicht abgebildet werden. Für eine bessere Einschätzung der Variabilität plotten wir in unterschiedlichen Graustufen die Sterberaten der pre-COVID-19-Jahre 2016 bis 2019, die grüne Linie gibt ihren Durchschnitt an. Die Sterberaten sind durch die mittlere jährliche Sterblichkeit des jeweiligen Landes normiert.

---

[27] Eurostat: https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/data/database
Deutschland - Destatis: https://www.destatis.de/DE/Home/_inhalt.html
Deutschland - RKI: https://www.rki.de/DE/Home/homepage_node.html
Schweden - National Board of Health and Welfare: https://www.socialstyrelsen.se/
Schweiz - Bundesamt für Gesundheit: https://www.covid19.admin.ch/de/overview
Spanien und Frankreich - French Institute for Demographic Studies: https://dc-covid.site.ined.fr/en/

[28] *Anmerkung in eigener Sache*: Unsere bisherigen Analysen zu COVID-19-Todesfällen in Deutschland, die in älteren Berichten betrachtet wurden, beruhen auf Daten, die durch tägliche Abgleiche der vom RKI veröffentlichen Meldedaten erzeugt wurden. Das genaue Sterbedatum stand in diesen Datensätzen nicht zur Verfügung. Die Anzahl der täglichen oder wöchentlichen Sterbefälle durch oder mit COVID-19 konnte daher nur mit dem durch diesen Abgleich ermittelte Datum der Registrierung des Todes abgeschätzt werden. Seit dem zweiten Quartal 2021 stellt das RKI neuerdings auch Daten zu den wöchentlichen COVID-19-Todesfällen nach Sterbedatum pro Woche, Geschlecht und definierten Altersgruppen zur Verfügung, die wir nun hier für unsere Analysen nutzen. Ein Vergleich der bisher bestimmten COVID-19-Todesfällen mit den nun veröffentlichten Daten zeigt, dass es gerade in den Hochphasen der Pandemie in der 2. Welle zu erheblichen Verzögerungen in der Meldung der Todesfälle kam. Dies führte teilweise dazu, dass die COVID-19 assoziierten Sterbezahlen unterschätzt wurden und damit Todesfälle, die nicht mit COVID-19 assoziiert waren (blaue Kurven), in früheren Auswertungen zu hoch erschienen.

Die Sterbezahlen, wie auch die Anzahl der verstorbenen COVID-19-Fälle, werden in den Ländern mit einem Zeitverzug von einigen Wochen veröffentlicht, um die relative Vollständigkeit der Daten zu gewährleisten. Dieser Zeitverzug unterscheidet sich von Land zu Land. Unsere Analysen betrachten daher den Zeitraum vom Januar 2020 bis etwa Juni 2021.

Die Abbildungen 3.1. und 3.2. bestätigen die hohe Übersterblichkeit in der Altersgruppe 80+ in Spanien, Italien und Frankreich, aber auch eine erhöhte Sterblichkeit in Schweden und der Schweiz und in geringerem Maße in Deutschland während der 1. Welle im Frühjahr 2020. Für Spanien überragt in dieser Phase auch die blaue Kurve (Sterberate "ohne COVID-19") deutlich den Vorjahresdurchschnitt (grüne Kurve), was darauf hinweist, dass hier zu Beginn der Pandemie vermutlich nicht alle COVID-19 assoziierten Todesfälle als solche registriert wurden. Ähnliches sieht man für Frankreich. **Für Deutschland zeigt sich eine deutliche Übersterblichkeit durch COVID-19 Todesfälle erst in der 2. Welle im Dezember 2020 bis Januar 2021. In Schweden war in dieser 2. Welle die Übersterblichkeit vergleichbar hoch, während die Schweiz bereits ab November 2020 eine bis zu 80% erhöhte Sterblichkeit verzeichnen musste.** In Spanien, Frankreich und Italien fand die 2. Welle deutlich früher statt, von Mitte Oktober bis Mitte Dezember 2020. Allerdings erreichte die Übersterblichkeit in diesen Ländern nicht mehr dieselbe Höhe wie in der 1. Welle, und war in Frankreich ähnlich hoch wie in Deutschland. **Die 3. Welle ist in den Sterbedaten der Altersgruppe 80+ nur in Spanien zu erkennen**, wo zu Jahresbeginn im Januar 2021 die Übersterblichkeit bei 30% lag. In Italien und Frankreich ist diese 3. Welle nur schwach zu erkennen; die Sterberaten sind hier nur leicht höher als der Durchschnitt, befinden sich aber im Schwankungsbereich der Vorjahre. **In den Ländern Deutschland, Schweden und Schweiz folgten auf die 2.Welle mit hoher Übersterblichkeit bei den 80+-Jährigen eine Phase der deutlichen Untersterblichkeit seit Februar**. Die 3. Welle bildet sich in diesen drei Ländern für diese Altersgruppe nicht ab, was vermutlich auf den gezielten und effektiven Schutz der älteren Bevölkerung, insbesondere auch in Senioreneinrichtungen, und ihre Impfung zurückzuführen ist.

Abbildungen 3.3. und 3.4. zeigen die Sterberaten für die Altersgruppe 60-70 Jahre. Für die 1. und 2. Welle sind die Verläufe der Sterberaten in den sechs Ländern vom Charakter her vergleichbar mit der Altersgruppe 80+, mit einer sehr hohen Übersterblichkeit in der 1. Welle vor allem in Spanien (150%) und Italien (90%) und in der 2. Welle vor allem in der Schweiz (50%) und in Italien (80%). In 2021 ändert sich das Bild im Vergleich zur Altersgruppe 80+. **Auf die 2. Welle folgt zu Beginn 2021 der Altersgruppe 60-79 in Schweden und der Schweiz nur eine wenig ausgeprägte Untersterblichkeit, in Deutschland ist im April die 3. Welle durch einen leichten Anstieg der Sterblichkeit der 60-79 Jährigen zu erkennen. In Spanien, Frankreich und Italien liegt die Sterblichkeit in 2021 (fast) durchwegs über dem Durchschnitt und zeichnet die weitere Welle im April ab.**

Abbildung 3.1. Standardisierte Mortalitätsraten in der **Altersgruppe 80+ Jahre** für **Deutschland**, **Schweden** und **Schweiz**. Die rote/orange Kurve zeigt die Gesamtsterblichkeit 2021/20. Die blaue/hellblaue Kurve zeigt die Sterbefälle OHNE COVID-19 Bezug. Die grüne Kurve gibt den jeweiligen Mittelwert der Jahre 2016 - 2019 wieder. Die Mortalitätsraten der Jahre 2016 - 2019 sind in grau skizziert.

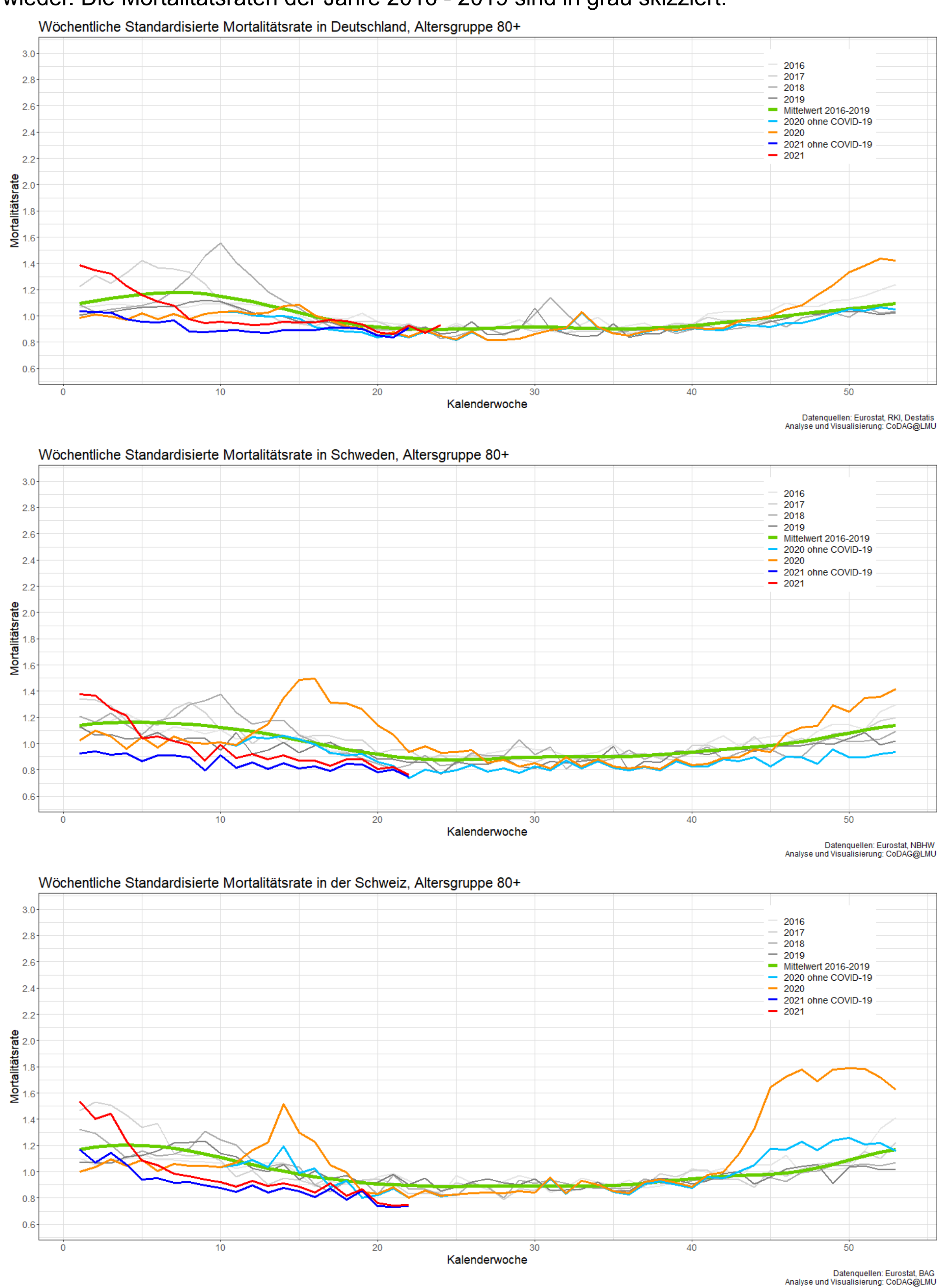


Abbildung 3.2. Standardisierte Mortalitätsraten in der **Altersgruppe 80+ Jahre** für **Spanien**, **Frankreich** und **Italien**. Die rote/orange Kurve zeigt die Gesamtsterblichkeit 2021/20. Die blaue/hellblaue Kurve zeigt die Sterbefälle OHNE COVID-19 Bezug (diese liegen für Italien nicht vor). Die grüne Kurve gibt den jeweiligen Mittelwert der Jahre 2016 - 2019 wieder. Die Mortalitätsraten der Jahre 2016 - 2019 sind in grau skizziert.

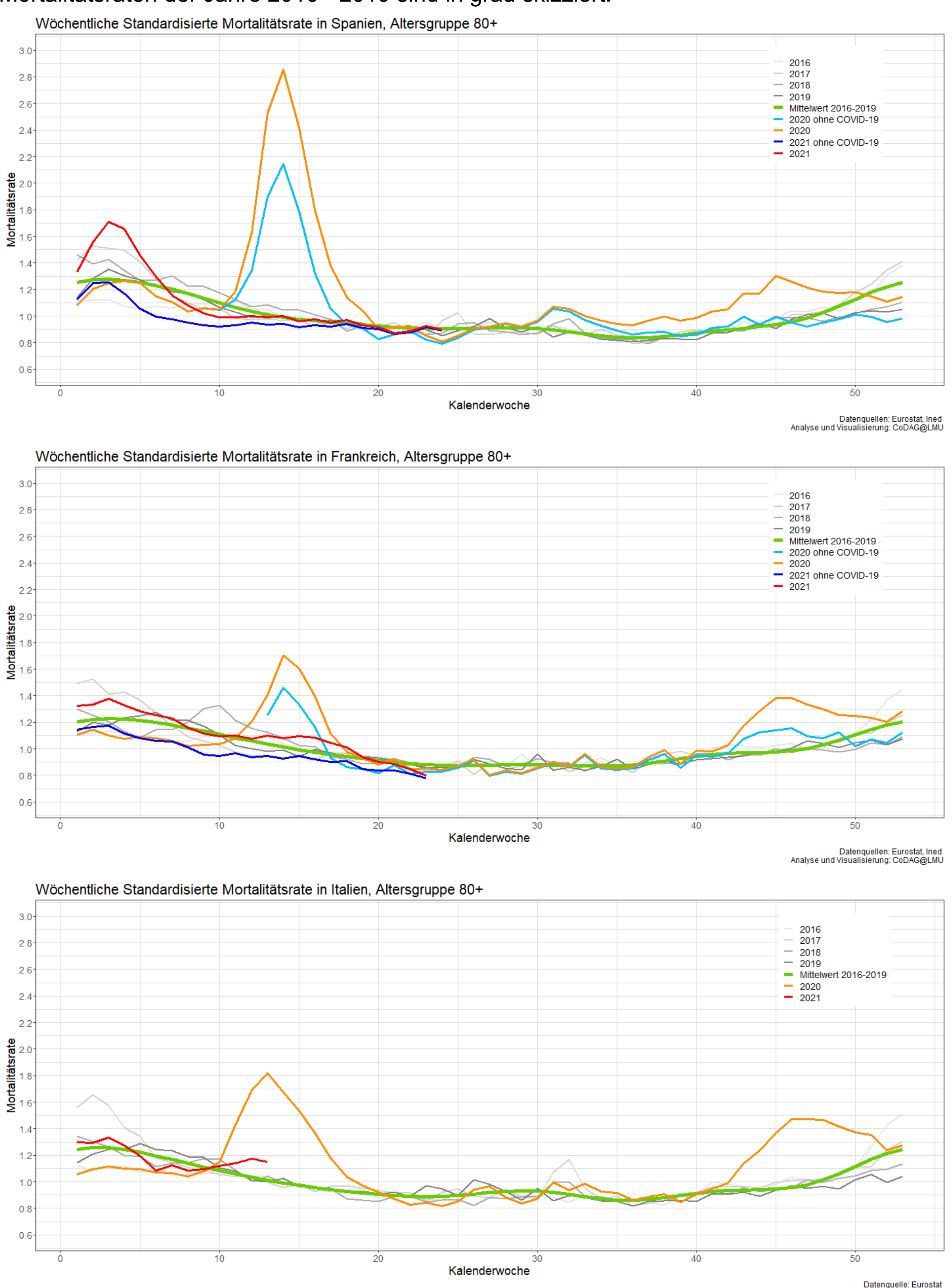


Abbildung 3.3. Standardisierte Mortalitätsraten in der **Altersgruppe 60-79 Jahre** für **Deutschland**, **Schweden** und **Schweiz**. Die rote/orange Kurve zeigt die Gesamtsterblichkeit 2021/20. Die blaue/hellblaue Kurve zeigt die Sterbefälle OHNE COVID-19 Bezug. Die grüne Kurve gibt den jeweiligen Mittelwert der Jahre 2016 - 2019 wider. Die Mortalitätsraten der Jahre 2016 - 2019 sind in grau skizziert.

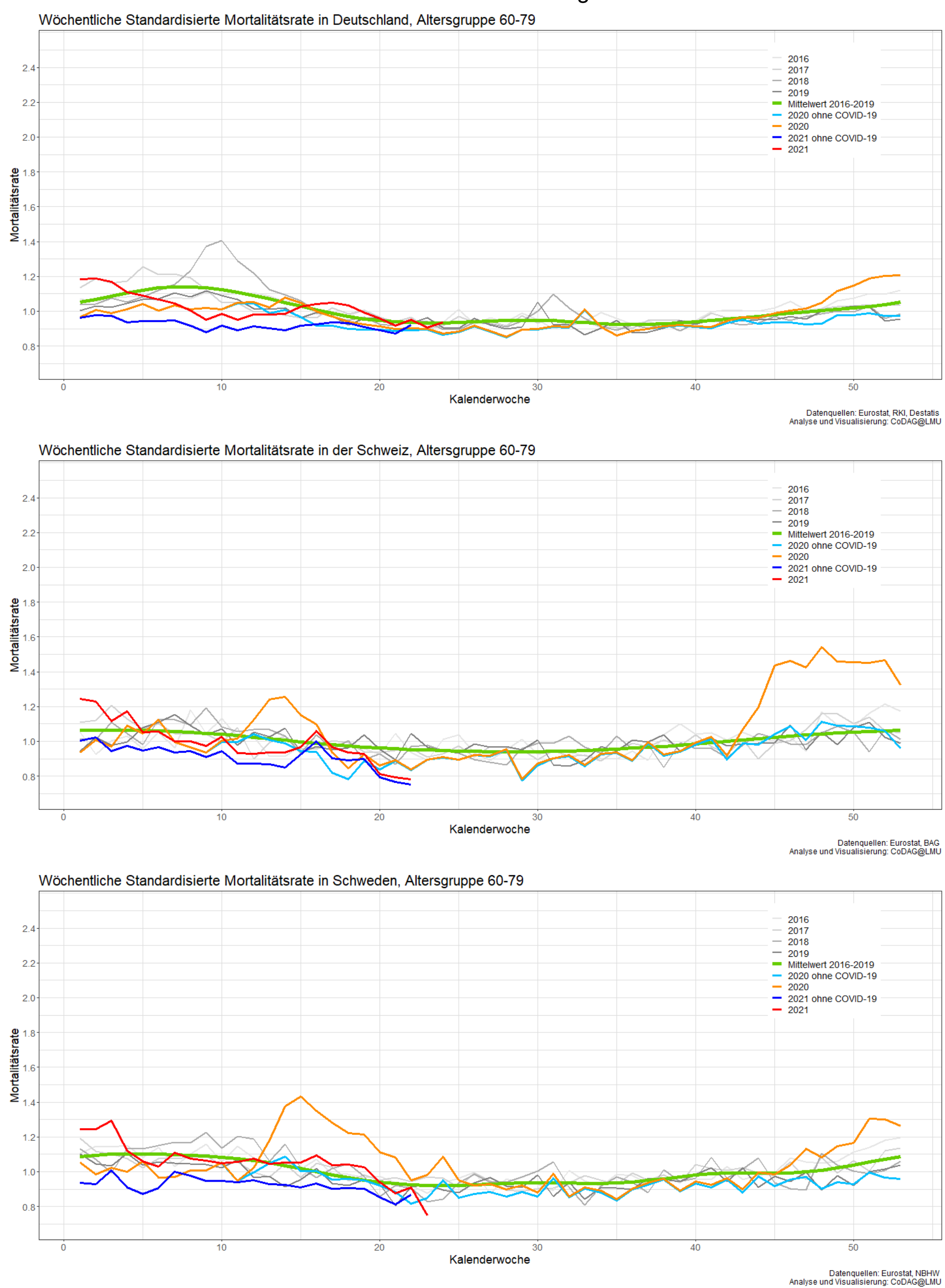
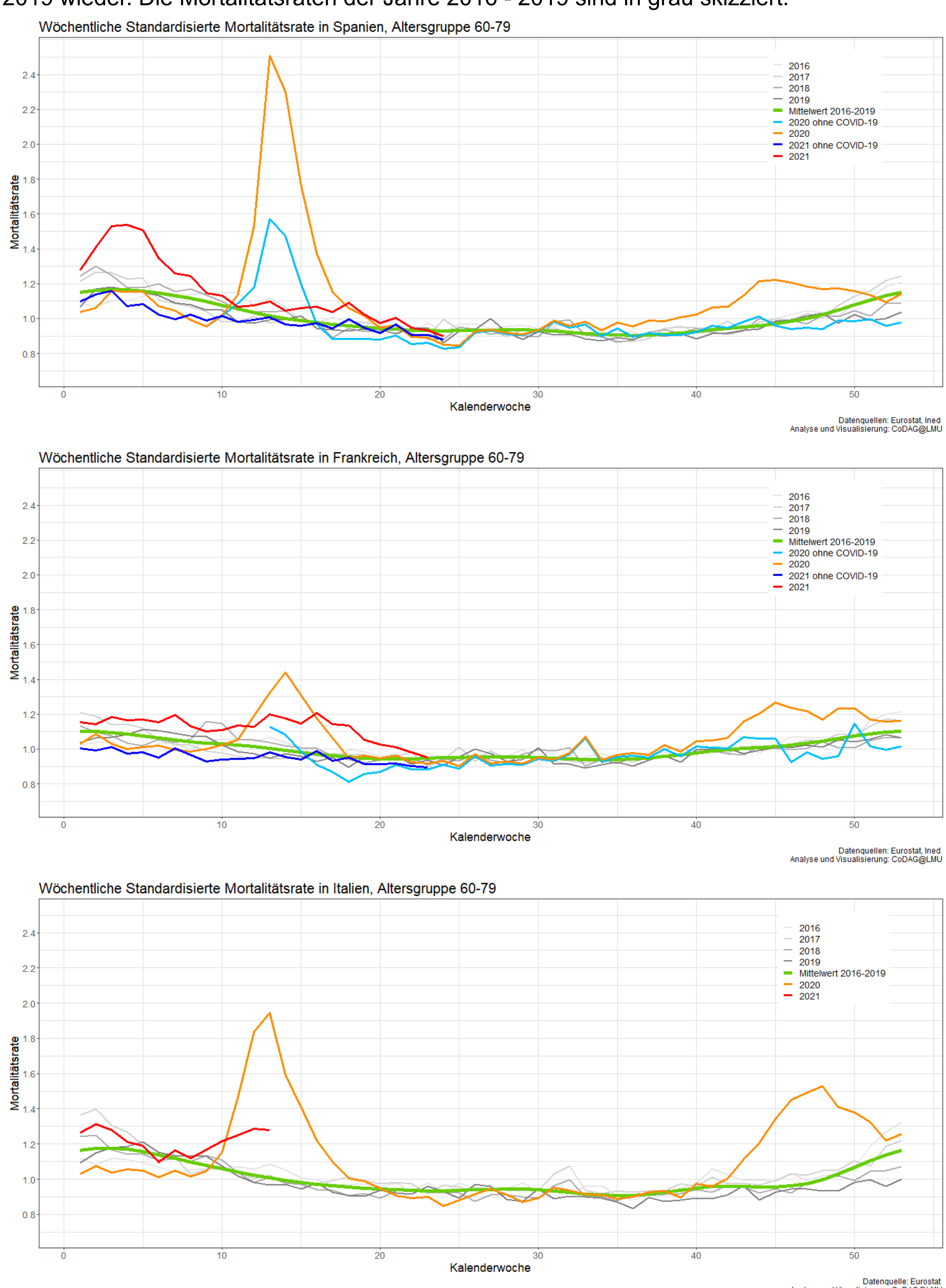


Abbildung 3.4. Standardisierte Mortalitätsraten in der **Altersgruppe 60-79 Jahre** für **Spanien**, **Frankreich** und **Italien**. Die rote/orange Kurve zeigt die Gesamtsterblichkeit 2021/20. Die blaue/hellblaue Kurve zeigt die Sterbefälle OHNE COVID-19 Bezug (diese liegen für Italien nicht vor). Die grüne Kurve gibt den jeweiligen Mittelwert der Jahre 2016 - 2019 wieder. Die Mortalitätsraten der Jahre 2016 - 2019 sind in grau skizziert.



4. Hochschulen: Simulationen zur Öffnung

Marc Schneble, Ralph Brinks, Göran Kauermann,

Mit Beginn der Pandemie in Deutschland im März 2020 wurden die Universitäten und Hochschulen weitestgehend geschlossen. Die Vorlesungen finden seitdem überwiegend digital statt, Praktika und Laborlehre sind eingeschränkt und auch Klausuren in Präsenzform sind zum großen Teil durch digitale Varianten ersetzt worden. Während in Österreich und auch im Saarland[29] klare Öffnungsstrategien bei den Hochschulen verfolgt werden, steht das kommende Wintersemester 2021/22 in Bayern und anderen Bundesländern ganz im Schatten von COVID-19. Wir wollen daher eine Risikoabschätzung durchführen, um quantifizieren zu können, welches Infektionsrisiko von einem Universitätsbetrieb ausgeht, wenn die so genannte “Drei-G-Regel” beachtet wird, also geimpft, genesen oder getestet.

Die nachfolgenden Berechnungen bauen dabei auf vereinfachten Annahmen auf. Wir betrachten exemplarisch eine Universität mit 20.000 Studierenden. Diese Studierenden nehmen alle an Präsenzveranstaltungen in der Universität teil, wobei nur Studierende zugelassen sind, die geimpft, genesen oder getestet sind. Wir unterstellen eine Impfquote bzw. Genesenenquote für die Studierenden. Studierende, die weder genesen noch geimpft sind, müssen zum Besuch der Vorlesungen einen negativen Schnelltest nachweisen. Wir unterstellen weiter, dass sich auch geimpfte und genesene Studierende mit COVID-19 infizieren können, wobei die Wahrscheinlichkeit als geringer angesehen wird als bei Ungeimpften. Innerhalb der Universität unterstellen wir einen einheitlichen R-Wert, also eine einheitliche Wahrscheinlichkeit, dass ein trotz Test, Impfung oder Genesung infizierter anwesender Studierender eine gewisse Anzahl von Kommiliton:innen ansteckt. Der R-Wert bezieht sich hier auf einen Uni-Tag, wobei wir von täglich gleichen Bedingungen ausgehen, also auch bei den täglichen Tests. Wir setzen dabei zwei Zahlen ins Verhältnis, nämlich (a) die Anzahl der durch Schnelltests aufgedeckten Infektionen mit (b) der Anzahl der erwarteten zusätzlichen Infektionen durch falsch-negativ klassifizierte Studierende. Die erste Größe hängt von der Prävalenz (also dem Anteil der Infizierten) in der Studierendenschaft und der Sensitivität des Tests ab, die zweite Größe wird sowohl von der Sensitivität des Tests beeinflusst als auch von der Wahrscheinlichkeit, dass ein infizierter Studierender im Präsenzbetrieb weitere Studierende ansteckt. Wir nehmen dabei auch an, dass ein gewisser Prozentsatz an geimpften und genesenen Studierenden selbst infiziert sein kann und damit auch zum Infektionsgeschehen beitragen kann. Unsere Analysen sollen keine exakten Werte geben, sondern sollen eher als Abschätzung für das Risiko eines Präsenzbetriebs an den Universitäten zum kommenden Wintersemester dienen.

Konkret unterstellen wir folgende Rahmenbedingungen. Es wird eine Impfquote von 60% vollständig geimpfter bzw. genesener unter den Studierenden angenommen (im Folgenden nur als “geimpft” bezeichnet). Diese Quote kann bis Anfang Oktober erreicht werden, da insbesondere vom mRNA Impfstoff des Herstellers Moderna in den nächsten Wochen mehr

[29] siehe: https://www.saarland.de/DE/portale/corona/service/rechtsverordnung-massnahmen/_documents/verordnung_stand-21-06-23.html#doc0c4cdbcf-b06b-4615-b657-445d483a1299bodyText14

Lieferungen als bisher erwartet eintreffen werden.[30] Zudem liegt die Impfquote (Erstimpfungen) in Bayern bei den 18-59-Jährigen bereits jetzt bei über 50%.[31] Die geimpften Studierenden dürfen ohne weitere Tests an Präsenzveranstaltungen teilnehmen. Die nicht oder nur teilweise geimpften Studierenden (im Folgenden als “ungeimpft” bezeichnet) dürfen nur mit einem negativen Schnelltest am Präsenzbetrieb teilnehmen. Wir unterstellen hier eine Sensitivität der Tests von 60%, d.h. 40% der mit Sars-CoV-2 infizierten und ungeimpften Studierenden erhalten trotz Schnelltest Zutritt zum Hörsaal. Weiterhin nehmen wir einen Anteil von Infektiösen (Prävalenz) von 0.2% unter den ungeimpften (und asymptomatischen) Studierenden an, d.h. einer von 500 Studierenden ist unwissentlich infiziert.[32] Für die geimpften Studierenden nehmen wir an, dass die Prävalenz um 80% reduziert ist, was in etwa der Wirksamkeit der Impfstoffe gegen asymptomatische Erkrankungen entspricht.

In die Hörsäle gelangen nun alle geimpften und alle negativ getesteten ungeimpften Studierenden. Wir wollen in einem Szenario ohne Impfungen den situationsbedingten R-Wert[33] so bestimmen, dass die Anzahl der von den Schnelltests erfassten Infizierten ungefähr der Anzahl der Neuinfektionen im Hörsaal entspricht. Der angenommene R-Wert wird durch die Geimpften im Hörsaal reduziert, da dadurch weniger Studierende empfänglich für das Virus sind und zudem weniger ansteckend sind. Ungeimpfte können sich mit einer Wahrscheinlichkeit von 100% anstecken, bei Geimpften nehmen wir eine Wahrscheinlichkeit von 20% an. Bei einer Impfquote von 60% ergibt dies im Mittel und zufälliger Verteilung von Geimpften und Ungeimpften im Hörsaal, dass 52%[34] der Anwesenden Studierenden im Hörsaal für eine Infektion empfänglich (susceptible) sind, was den R-Wert entsprechend reduziert. Während alle ungeimpft Infizierten das Virus im Hörsaal weitergeben können, nehmen wir weiterhin an, dass nur 40% der geimpft Infizierten das Virus mit dem angenommenen R-Wert weitergeben können. Auch hier wird eine zufällige Verteilung angenommen.

Wir simulieren nun das oben beschriebene Szenario jeweils 10.000 mal für verschiedene R-Werte. Für jede einzelne Simulation erhalten wir durch die Testpflicht bei Präsenz eine Anzahl positiv getesteter Studierender, d.h. die Anzahl an ungeimpften und getesteten Personen, die durch das verpflichtende Testen als asymptomatisch infiziert erkannt werden und somit keine weiteren Menschen mehr anstecken können. Bei einem R-Wert von 2.2 liegt diese Zahl im Mittel bei 9.5 erkannten Infizierten (95% Kredibilitätsintervall [4, 16]), dies entspricht 0.0475% der Studierenden an der Hochschule. Auf der anderen Seite geschehen bei einem R-Wert von 2.2 während eines Tages Präsenzbetriebs durch falsch negativ getestete und infizierte ungeimpfte Studierende sowie infizierte und geimpfte Studierende ebenfalls im Mittel ca 9.5 Neuinfektionen (95% Kredibilitätsintervall [2, 19]). **Folglich erwarten wir bei einem R-Wert < 2.2, dass sich im Präsenzbetrieb weniger Studierende**

---

30 https://www.bundesgesundheitsministerium.de/fileadmin/Dateien/3_Downloads/C/Coronavirus/Impfstoff/Lieferprognosen_aller_Hersteller_2.-3._Quartal.pdf

31 https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Daten/Impfquoten-Tab.html

32 Nimmt man eine Dauer der infektiösen Phase von zwei Wochen an, entspräche dies bei einer Dunkelziffer von 50% einer 7-Tage Melde-Inzidenz von 50 in dieser Gruppe.

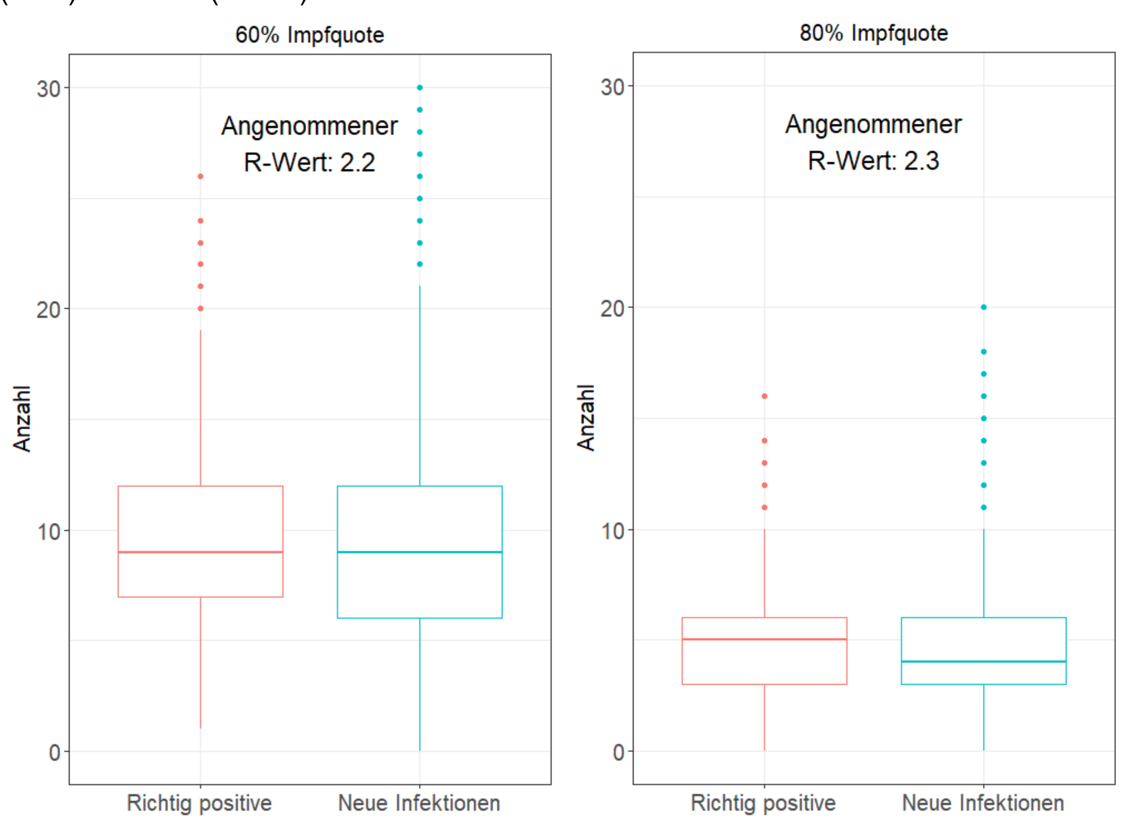
33 Der situationsbedingte R-Wert ist hier die erwartete Anzahl an Menschen, die ein Infizierter während eines Tages Präsenzbetrieb ansteckt, wenn keiner der Teilnehmer geimpft ist.

34 40% Ungeimpfte * 100% Infektionsrisiko + 60% Geimpfte * 20% Infektionsrisiko: 0.4 * 1 + 0.6 * 0.2 = 0.52

neu infizieren als asymptomatische und bisher unerkannte Infektionen durch Uni-Schnelltest erkannt werden. Bei der letzten Anzahl der Infektionen an der Hochschule ist die Varianz etwas höher, da wir die Anzahl an Neuinfektionen, für die ein Infizierter verantwortlich ist, mit einer Poisson-Verteilung simulieren. Dadurch berücksichtigen wir, dass es einige Infizierte gibt, die keine oder nur eine weitere Person anstecken aber auch einige wenige, die beispielsweise fünf oder mehr Personen anstecken. Ein Boxplot der Ergebnisse ist im linken Plot von Abbildung 5.1. zu finden.

Wir wiederholen die obige Analyse, nehmen aber jetzt eine Impfquote von 80% an. Ansonsten bleiben die Parameter gleich. Wir suchen wieder nach dem R-Wert, bei dem sich erkannte Infektionen und neue Infektionen ungefähr die Waage halten, was nun bei einem R-Wert von 2.3 der Fall ist. Im Mittel werden 4.8 Infizierte erkannt (95% KI [1, 9] bzw. es finden im Mittel ca. 4.8 neue Infektionen statt (95% KI [0, 11]). Der Boxplot der Ergebnisse ist im rechten Plot von Abbildung 5.1. zu finden. Wie zu erwarten, sinkt bei höherer Impfquote die Anzahl der durch Uni-Schnelltests aufgedeckten Infizierten; gleichzeitig finden auch in ähnlichem Maße weniger Infektionen im Zuge des Hörsaalbetriebs statt. Wir sehen hier jeweils eine Reduktion um ca. 50% bei einer Erhöhung der Impfquote um 20 Prozentpunkte.

Abbildung 5.1. Ergebnisse der Simulationsstudie als Boxplot. Richtig positiv getestete Studierende sowie neue Infektionen durch den Präsenzbetrieb bei einer Impfquote von 60% (links) und 80% (rechts).



Zusammenfassend lässt sich sagen, dass ein Präsenzbetrieb an der Universität in Kombination mit verpflichtenden Tests für Ungeimpfte erst bei einem universitätsinternen tagesspezifischem R-Wert von über 2.3 zu einer Steigerung der

Inzidenzzahlen unter den Studierenden führt. Der in unseren Analysen resultierende uni-interne R-Wert von 2.2 bzw. 2.3 ist ein Tageswert. Bei einer angenommenen Länge der infektiösen Phase von zwei Wochen (= 10 Uni Tage) entspräche das einem konventionellen R-Wert über 20, was zeigt, dass wir hier ein Szenario mit einer sehr großen Anzahl an möglichen Übertragungen simulieren. Durch das Tragen der Masken und der technischen Lüftung in den meisten Hörsälen ist dieser R-Wert vermutlich deutlich zu hoch angenommen - selbst für den Fall, dass keine Mindestabstände eingehalten werden. **Die Berechnungen zeigen, dass über eine Öffnung der Universitäten nachgedacht werden muss und Risikoabwägungen dies unterstützen.**

Die Berechnungen haben natürlich nur beschränkte Aussagekraft und sind beispielhaft zu sehen. Zum einen wird nur das Ansteckungsrisiko innerhalb der Universität betrachtet, das heißt, das Risiko auf Hin- und Rückwegen wird außer Acht gelassen. Zum anderen setzen wir eine gleichmäßige Durchmischung der Studierenden innerhalb der Universität voraus, was eine vereinfachende Annahme ist. In der Praxis wird keine gleichmäßige Durchmischung stattfinden, so dass unsere Abschätzung die Anzahl der Übertragungen eher überschätzt.

Für die praktische Umsetzung ist zusätzlich zu beachten, dass die Teststrategie auch zu einigen falsch-positiven Ergebnissen führt. Bei einem Prozentsatz von 0.5% falsch positiver Befunde bei den 40% (20%) Ungeimpften, die täglich getestet werden, sind das knapp 40 (20) Studierende pro Tag. Den Argumenten des ersten Abschnitts dieses Berichtes folgend wäre daher eine wissenschaftliche Begleitung einer Öffnung der Universitäten (oder ggf. auch erst einmal einer Universität) ein sinnvoller Ansatz.